ISOTHERMEN VAN MENGSELS VAN ZOUTZUUR EN KOOLZUUR.

Boek- en Steendrukkerij Eduard IJdo. — Leiden.

ISOTHERMEN VAN MENGSELS VAN ZOUTZUUR EN KOOLZUUR.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE

AAN DE UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS

DR. C. PH. SLUITER,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE,

IN 'T OPENBAAR TE VERDEDIGEN

OP

Vrijdag 26 Juni 1908, des namiddags te 4 uur,

IN DE AULA DER UNIVERSITEIT

DOOR

CORNELIS DORSMAN,

GEBOREN TE AMSTERDAM.



BOEKHANDEL
W. J. SIPKEMA. — EDAM.
1908.

AAN MIJNE MOEDER,

AAN DE NAGEDACHTENIS VAN MIJN VADER

EN AAN MIJNE VERLOOFDE.

Bij mijn afscheid van de Amsterdamsche Universiteit breng ik U Hoogleeraren in de Wis- en Natuurkunde mijnen hartelijken dank voor wat gij tot mijne wetenschappelijke vorming hebt bijgedragen.

Tot U Hooggeleerde VAN DER WAALS, *Hooggeachte Promotor voel ik mij gedrongen een afzonderlijk woord van dank te richten voor Uw niet genoeg te waardeeren lessen en voor Uw belangstelling bij de samenstelling van dit proefschrift.*

De uren op Uw colleges doorgebracht zullen mij steeds een aangename herinnering blijven.

INHOUD

INLEIDING.

Het is niet de eerste keer dat het stelsel $HCl—CO_2$ aan een onderzoek onderworpen wordt. Juist dreven vroeger verkregen uitkomsten tot een beter onderzoek.

Ansdell[1]) heeft waarnemingen gedaan omtrent dampspanningen van een zevental mengsels tusschen 0° en den kritischen toestand van die mengsels.

Hartman heeft in zijn dissertatie die uitkomsten reeds aangehaald en geconstateerd dat de „kritische punten" heel onregelmatig liggen. Prof. van der Waals vermeldt in Cont. I[2]) een kritisch punt van een mengsel van 7 CO_2 of 3 HCl (vol. deelen). We vinden daar $T_k = 31^0.6$ $p_k = 90$ atm.

Kort geleden zijn in het Amsterdamsche Laboratorium (o.a. door mij) enkele plooipunten bepaald. Daarbij traden zeer hooge drukken op (hooger dan de p_k der componenten) terwijl een min. T_k scheen te bestaan.

De gegevens van Ansdell en Prof. van der Waals zullen waarschijnlijk door vertragingsverschijnselen foutief zijn. Hartman vermoedt mijns inziens terecht dat de mengsels van Ansdell verontreinigd zijn geweest met lucht.

Ook de latere ongepubliceerde waarnemingen zijn waarschijnlijk verricht met verontreinigde mengsels.

Zooals blijken zal vertoonen ook de resultaten van dit onderzoek nog onregelmatigheden die ik aan bijmengsels toeschrijf. Dit zal bij de discussie van de plooipunts bijv. nog ter sprake komen.

---

[1]) Proc. R. Soc. 34 p, 113. Juni 1882.

[2]) Cont. I, pag. 153.

Ik heb isothermen bepaald van de zuivere componenten en van een zevental mengsels. Daar ik op grond van vroegere onderzoekingen een minimum kritische temp. verwachtte, liggen de mengverhoudingen der gekozen mengsels voor een deel dicht bij 't zuivere CO_2.

Daar het plan was ingeval er een min. T_k bestond isopiësten te teekenen, heb ik omdat die door interpolatie gevonden moeten worden de bepaalde isothermen nog al dicht op een gekozen.

HOOFDSTUK I.

Bereiding der componenten en der mengsels.

1. Het Koolzuur.

Het koolzuur dat ik voor mijn proeven gebruikte was in het laboratorium in een stalen cylinder aanwezig en bereid in het Leidsche Laboratorium

Het onderzoek van het CO_2 leerde dat de kritische grootheden niet belangrijk afweken van wat anderen voor mij gevonden hadden. Daar de drukverhooging bij condensatie 0,4 atm. niet te boven ging achtte ik deze voorraad CO_2 voldoende zuiver.

---

2. Het Zoutzuur.

Meer zorg baarde mij het zoutzuur. Oorspronkelijk werd het bereid in dezelfde toestel die Quint[1]) voor dat doel gebruikt. Bij mij werd echter telkens het kwik door het *HCl* aangetast, wat de waarneming bemoeielijkte, doordat 't kwik aan den wand van de waarnemingsbuis begon te kleven en kleine gas- en vooral vloeistofmassa's onder het kwik op den wand bleven. Bovendien lag 't vermoeden voor de hand dat de ontwikkelde waterstof den druk veel te hoog zou maken. Zonderling maakt Quint van dit bezwaar geen melding. Misschien heb ik de *HCl* ontwikkeling te snel doen geschieden. Misschien ook heb ik de lucht niet voldoende uit de *HCl*-oplossing en het H_2SO_4

---

[1]) Dissertatie blz. 3.

verwijderd. In elk geval besloot ik tot een andere zuivering over te gaan. Er was te verwachten verontreiniging 1°. met lucht, uit de HCl-oplossing die natuurlijk verhit wordt door toevoeging van H_2SO_4, maar ook uit 't bij gedruppelde H_2SO_4. (Ik vind in de dissertatie van Quint geen aanwijzingen omtrent uitkoken van dat toegevoegde zwavelzuur. Ik vermoed dus dat hij dat verzuimd heeft); 2°. met H_2O door onvoldoende droging in 't H_2SO_4.

Ik besloot dus 't zoutzuur vloeibaar te maken. Achter de droogflesschen met H_2SO_4 werd een reservoirtje gemaakt dat in een vacuum-glas met vloeibare lucht gedompeld werd. Het ontwikkelde HCl werd daarin vloeibaar en zelfs vast. Toen een voldoende hoeveelheid verkregen was, werd eerst een fractie door een waterstraal-luchtpompje weggezogen. De meer vluchtige verontreinigingen zullen zoo verwijderd zijn. Daarop werd de HCl damp toegelaten in het daarvoor bestemde reservoir. Dat werd eenige malen omgespoeld met HCl voor het definitief gevuld werd. Daarbij werd zorg gedragen dat de laatste fractie die de minder vluchtige verontreinigingen bevatte niet gebruikt werd. Het zoo verkregen HCl bleek het kwik niet meer aan te tasten, wel bleef een drukverhooging bij condensatie bestaan. Deze was zooals uit de tabellen blijken zal niet geringer dan bij Quint. Wel wordt de kritische druk veel lager.

Daar ook hier de drukverhooging 0,4 atmosfeer niet te boven ging, achtte ik dit HCl voor mijn proeven voldoende.

Het bleek mij dat zoodra 't kwik in de persbus niet heel goed gereinigd was, het weer door HCl aangetast werd.

---

3. De bereiding van de mengsels.

Voor het bereiden van de mengsels diende dezelfde mengtoestel die door Brinkman[1]) gebruikt is Het lijkt mij overbodig de behandeling van die toestel hier te herhalen.

[1]) Dissertatie pag. 8.

HOOFDSTUK II.

De Opstelling.

Voor de waarnemingen werd de Cailletet-buis die op de gewone wijze in een persbus bevestigd was door een opening in den bodem van een koperen bak gestoken. Deze bak bevatte ongeveer 60 L. water dat met behulp van een toluol-regulateur op een constante temp. gehouden kon worden. In de bak was een roerder aangebracht gedreven door een waterturbine De temperatuur werd afgelezen op een thermometer die vergeleken werd met een normaal thermometer van de Reichsanstalt.

De aflezingen geschiedden op de schaalverdeeling van de waarnemingsbuis met het bloote oog. Ter vermijding van parallax was een reep spiegelglas op den voorsten glanzen wand van den bak bevestigd.

Er werd gezorgd dat het spiegelbeeld van het oog ter hoogte kwam van de kwik meniscus in de buis.

De drukbepaling geschiedde niet met een luchtmanometer zooals vroeger in het Amsterdamsche Laboratorium gebruikelijk was. Op de Cailletet pomp werd bevestigd een manometer van Schaeffer en Budenberg Deze was voorzien van een 300-deelige schaal, gelijkwaardig met 150 KG. Naast die schaal waren de punten 10, 20, 30 150 KG. aangegeven Die punten bleken voldoende juist aangegeven. Door schatting werd tot in 10e schaaldeelen afgelezen, dus ongeveer in 20e KG. De aangegeven punten 10 K.G. etc. werden omgerekend in atmosfeeren en daarna werd graphisch voor de andere schaaldeelen geinterpoleerd.

Bij het aflezen moest gezorgd worden dat voldoende lang gewacht werd, zoodat de wijzer van den manometer een vasten stand ingenomen had Bovendien moest de manometer niet te lang op druk gelaten worden. Werd daarvoor gezorgd dan leverde 't gebruik geen bezwaar op.

HOOFDSTUK III.

Berekeningen.

1. Calibratie.

De waarnemingsbuis werd gecalibreerd door uitweging. Bij ongeveer 1 cM. tegelijk werd kwik afgetapt en gewogen. Daarbij werd de afstand der menisci afgelezen op de schaalverdeeling van de buis. Daarbij werd tot op $^1/_{10}$ mM. geschat. Daar toch bij de metingen op dezelfde manier geschat werd was deze manier van calibreeren voldoende.

---

2. De druk.

De drukbepaling leverde weinig moeielijkheid op. De afgelezen schaaldeelen werden graphisch herleid tot atmosfeeren. De zoo verkregen uitkomst werd met een atmosfeer vermeerderd. Immers de manometer wees 0 bij een buitendruk van 1 atm Daarna werd een correctie aangebracht voor het hoogteverschil van het kwik in de persbus en in de waarnemingsbuis.

---

3. De volume-eenheid.

Als volume-eenheid werd gekozen het theoretisch normaalvolume. [1]) Het volumen dat de gasmassa in queastie bij 0° en 76 cM. kwik innam, werd berekend uit het waargenomen volumen bij kamertemperatuur en een zekere barometersstand met behulp van de wet van Boyle—Gau Lassac. Dat volume moet vermenigvuldigd worden met $(1 + a)$ $(1 - b)$. Die factor werd berekend met behulp van de formule

[1]) Verschaffelt : Proefschrift.

door Quint[1]) in zijn dissertatie gegeven, voor de waargenomen isothermen. Bij deze voorloopige berekeningen was 't volume bij 0° en 76 cM., berekend met de wet van Boyle—Gay Lussac als eenheid gekozen. Daarna werd uit de gevonden waarden van $1 + a - b$ de waarde bij 0° gevonden door graphisch rechtlijnig te interpoleeren.

---

4. De mengverhouding.

Bij de bereiding der mengsels werd eenzelfde volume achtereenvolgens gevuld met de twee componenten bij zekere bekende temp. en druk.

Stel dat 't onbekende vol. V is. Bevat dat x molec. van de component, dan geldt

$$\left(p + \frac{a\,x^2}{V^2}\right)\left(\frac{V}{x} - b\right) = \frac{T}{273}.$$

Dit is een 3e machtsverg. in $\frac{x}{V}$.

Daaruit kan $\frac{x}{V}$, daar p, T, a, b bekend zijn, door opvolgende benaderingen gemakkelijk gevonden worden.

Zoo vinden we voor de 2e comp. $\frac{y}{V}$ De mengverhouding is dan

$$\frac{\frac{y}{V}}{\frac{x}{V} + \frac{y}{V}}.$$

Berekenen we op deze wijze de mengverhouding voor een mengsel en ook op de wijze, zooals b.v Quint dat in zijn dissertatie doet.

Een vol. V werd eerst gevuld met CO_2 bij 18°.25
druk = 276,4 mM.

---

[1]) Quint. Dissertatie pag. 25.

Daarna met HCl bij 18°,40 druk = 186,4 mM.
Uit de kritische grootheden

$$\left.\begin{matrix} a \\ b \end{matrix}\right\} \text{voor } CO_2 \begin{matrix} = 0{,}007171 \\ = 0{,}001907 \end{matrix}$$

$$\left.\begin{matrix} a \\ b \end{matrix}\right\} \text{voor } HCl \begin{matrix} = 0{,}007305 \\ = 0{,}001822. \end{matrix}$$

Dus voor CO_2:

$$\left(p + \frac{a\,x^2}{V^2}\right)\left(\frac{V}{x} - b\right) = RT$$

wordt

$$\left(\frac{276{,}4}{760} - \frac{0{,}007171\,x^2}{V^2}\right)\left(\frac{V}{x} - 0{,}001907\right) - \frac{291{,}25}{273}$$

of

$$\left(\frac{291{,}25}{273} + \frac{0{,}001907 \times 276{,}4}{760}\right)\frac{x}{V} =$$

$$\frac{276{,}4}{760} + 0{,}007171\,\frac{x^2}{V^2} - \frac{0{,}007171 \times 0{,}001907\,x^2}{V^2}.$$

Dit geeft

$$\frac{x}{V} = 0{,}3414.$$

Zoo voor $HCl\ \frac{y}{V} = 0{,}2300$

en de mengverhouding = 0,5975.

Quint gebruikt

$$x = \frac{p_2'}{p_1' + p_2'}$$

waarin

$$p_1' = p_1 \left\{ 1 + \frac{p_1}{(1 + \alpha t)^2}\,(a_1 - b_1\,(1 + \alpha t))\right\}$$

$$p_2' = p_2 \left\{ 1 + \frac{p_2}{(1 + \alpha t)^2}\,(a_2 - b_2\,(1 + \alpha t))\right\}.$$

Dat toegepast geeft

$$p_1' = 0{,}2456$$
$$p_2' = 0{,}3645$$

$$x = \frac{0,3645}{0,6101} = 0,5974.$$

Wat vrijwel met 't hiervoor berekende overeenstemt

Voor $a - b\ (1 + \alpha t)$ is voor HCl genomen 0,00713
„ CO_2 0,00666
waarden, door extrapolatie gevonden uit wat met de formule van Quint[1]) bij andere temp. berekend wordt.

We zien dat we dus de a en b uit de kritische grootheden heel goed voor de berekening kunnen gebruiken.

[1]) Quint. Dissertatie pag. 25.

HOOFDSTUK IV.

Tabellen.

Zoutzuur.

ISOTHERM van $20^0,09$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2661	30,95
2522	32,20
2434	33,05
2340	33,95
2251	34,85
2159	35,80
2073	36,80
1989	37,80
1903	38,85
1812	39,95
1643	41,85
1543	41,95
1458	41,95
1273	42,05
1090	42,05
912	42,10
616	42,10
408	42,10
264	42,20
237	42,20
203	42,25

ISOTHERM van $20^0,09$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
201	42,25
198	44,70
195	57,25
193	67,80
192	77,50
191	87,35

ISOTHERM van $30^0,10$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2646	33,05
2582	34,15
2349	36,05
2169	37,40
2010	40,10
1725	44,05
1562	46,70
1465	48,45
1383	49,90
1283	51,50
1211	52,35

ISOTHERM van 30^0,10.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
1107	52,40
991	52,50
835	52,50
647	52,55
435	52,55
230	52,60
214	52,85
211	57,90
208	67,70
205	75,80

ISOTHERM van 36^0,48.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2597	34,55
2528	35,30
2383	36,90
2213	38,90
2042	41,10
1923	42,95
1788	44,95
1680	46,85
1547	49,15
1428	51,60
1332	53,55
1237	55,35
1158	57,05
1060	58,80
998	60,15
921	60,25
784	60,30
650	60,30
498	60,35
351	60,45
285	60,50

ISOTHERM van 36^0,48.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
228	60,60
225	63,05
221	67,75
215	77,25
212	87,05

ISOTHERM van 38^0,75.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2652	34,40
2497	36,00
2397	37,20
2251	38,85
2161	40,00
2037	41,75
1944	43,15
1849	44,30
1763	46,00
1611	48,75
1499	50,70
1371	53,65
1250	56,05
1132	58,65
1013	61,40
908	63,05
822	63,05
724	63,15
695	63,15
564	63,15
435	63,20
309	63,30
232	63,35
225	71,35
221	78,45
217	87,80

ISOTHERM van 40⁰,20.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2668	34,50
2520	36,15
2425	37,25
2340	38,25
2250	40.20
2155	40,45
2069	41,60
1982	43,00
1900	44,30
1815	45,60
1722	47,15
1632	48,75
1542	50,55
1459	57,35
1377	54,15
1282	56,00
1192	58,00
1105	59,90
1016	62,05
926	64,10
871	65,00
840	65,00
793	65,00
739	65,00
618	65,05
458	65,05
223	65,20
222	65,40
214	71,10
210	73,05

ISOTHERM van 42⁰,80.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2654	35,10
2475	37,10
2296	39,25
2199	40,40
2115	41,50
2027	42,85
1944	44,15
1859	45,50
1768	47,10
1676	48,75
1591	50,45
1504	52,05
1422	54,15
1325	56,25
1228	58,25
1146	60,35
1061	62,45
969	64,70
879	66,90
799	68,45
740	68,50
704	68,55
659	68,60
563	68,70
401	68,65
285	68,75
275	68,85
264	68,90
253	68,90
247	68,90
237	75,85
228	85,15
224	90,30

ISOTHERM van 45^0,30.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2680	35,25
2519	37,10
2431	38,05
2340	39,20
2253	40,25
2155	41,55
2071	42,70
1983	44,10
1900	45,60
1807	47,10
1722	48,65
1629	50,45
1548	52,15
1461	54,15
1381	56,10
1283	58,15
1189	60,50
1101	62,75
1019	65,00
916	67,75
830	69,80
732	71,95
715	72,20
658	72,30
571	72,35
457	72,35
311	72,45
265	72,45
264	72,50
260	72,50
246	77,25
241	80,45

ISOTHERM van 49^0,38.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2651	36,30
2555	37,35
2388	39,30
2298	40,50
2201	41,65
2120	42,95
2029	44,35
1947	45,75
1862	47,30
1769	48,95
1679	50,65
1591	52.50
1509	54,45
1424	56,10
1332	58,70
1238	61,00
1149	63,40
1064	65,95
980	68,35
886	70,95
798	73,80
710	75,95
617	77,80
572	78,30
507	78,35
417	78,50
316	78,55
291	78,60
261	83,10
246	90,30

ISOTHERM van $51^0,20$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2670	36,40
2564	37,65
2435	39,15
2338	40,35
2244	41,65
2159	42,70
2052	44,40
1947	46,25
1850	48,05
1766	49,55
1676	51,35
1589	53,20
1507	55,20
1422	57,30
1320	59,65
1234	61,95
1142	64,55
1056	67,15
966	70,00
886	71,50
791	75,35
695	77,90
614	79,85
511	81,05
444	81,35
417	81,35
364	81,40
354	81,45
336	81,45
309	81,80
276	84,25
268	86,05
264	87,90

Kritisch punt
$51^0,30$.

399	81,50

ISOTHERM van $52^0,00$

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2598	37,50
2519	38,35
2385	40,00
2296	41,15
2199	42,50
2119	43,50
2031	45,05
1946	46,55
1859	48,15
1769	49,75
1678	51,50
1593	53,40
1504	55,55
1422	57,65
1334	59,70
1238	62,30
1148	64,80
1064	67,45
978	70,20
793	75,90
704	78,50
632	80,50
507	82,25
422	82,80
309	83,60
265	87,20
260	91,95

Koolzuur.

ISOTHERM van 20⁰,00.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2515	33,75
2389	35,10
2255	36,60
2119	38,20
1995	39,85
1867	41,70
1731	43,50
1604	45,60
1479	48,00
1356	50,35
1214	52,85
1080	55,45
1020	56,40
943	56,40
844	56,40
707	56,45
564	56,45
400	56,50
329	56,55
307	56,55
262	56,60
257	61,10
250	68,25
246	74,90
242	83,05
239	90,10
237	97,15

ISOTHERM van 22⁰,30.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2508	34,30
2388	35,65
2253	37,20
2119	38,70
1993	40,45
1869	42,25
1737	44,30
1604	46,55
1473	48,95
1355	51,40
1214	53,95
1084	56,70
924	59,45
726	59,45
684	59,50
478	59,50
352	59,55
317	59,55
268	59,55
259	67,45
252	75,20
248	83,35
245	89,45
242	97,30

ISOTHERM van 25⁰,10.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2456	35,40
2349	36,60
2261	37,65

ISOTHERM van 25⁰,10.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2166	38,75
2079	39,70
1997	41,05
1912	42,30
1820	43,70
1736	45,10
1649	46,60
1561	48,25
1479	49,80
1397	51,60
1300	53,55
1212	55,45
1126	57,30
1040	59,45
951	61,05
871	62,65
831	63,35
780	63,40
730	63,40
637	63,45
510	63,50
354	63,50
302	63,60
293	63,60
284	63,60
274	67,95
264	75,90
257	83,25
250	90,90
248	95,95

ISOTHERM van 27⁰,00.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2551	34,65
2433	35,95
2299	37,55
2167	39,15
2037	40,90
1912	42,80
1783	44,90
1648	47,20
1520	49,65
1395	52,40
1260	55,25
1130	58,10
998	61,20
918	63,05
829	64,85
745	66,30
630	66,35
674	66,40
339	66,45
328	66,50
296	66,50
277	72,95
266	80,70
259	87,75
253	97,15

ISOTHERM van 29⁰,57.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2589	34,70
2477	35,90
2344	37,55
2212	39,15

ISOTHERM van 29°,57.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2075	40,95
1954	42,80
1827	44,85
1692	47,15
1559	49,70
1438	52,45
1316	55,25
1186	58,05
1059	61,10
987	63,05
900	65,25
768	68,20
659	69,95
621	70,25
540	70,35
383	70,40
326	70,40
287	77,05
275	83,55
266	91,40
262	96,20

ISOTHERM van 29°,98.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
601	70,90
471	71,05
337	71,10

ISOTHERM van 31°,00.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
507	72,65
454	72.75
424	72,80
405	72,80
401	72,80
374	72,80
352	73,10
339	73,35
330	73,85
318	74,90
297	78,55
281	85,45
273	90,80
267	96,60

ISOTHERM van 31°,10.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2476	36,45
2343	38,00
2210	39,65
2079	41,35
1954	43,25
1826	45,45
1692	47,75
1560	50,35
1439	53,05
1314	56,00
1170	59,30
1035	62,80
914	66,10
784	69,20
646	71,85
564	72.70
510	72,95
480	72,95

ISOTHERM van 31⁰,10.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
472	73,00
460	73,00
438	73,00
401	73,10
355	73,30
310	76,15
286	82,60
273	90,85
267	96,90

Kritisch punt
$31^0,10$.

438	73,00

ISOTHERM van $33^0,10$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2523	36,10
2394	37,65
2265	39,25
2122	41,05
1993	43,05
1870	45,15
1737	47,50
1605	49,95
1476	52,85
1354	55,85
1209	59,15
1088	62,35
959	66,10
818	69,95
685	73,15
551	75,30
449	76,10
343	77,75
303	83,10
286	89,05
275	96,75

ISOTHERM van $37^0,50$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2485	37,35
2363	38,75
2265	40,10
2133	41,85
2001	42,90
1870	46,25
1736	48,75
1605	51,40
1478	54,35
1355	57,55
1213	60,05
1086	64,75
958	68,80
827	73,10
684	77,30
570	80,65
429	83,45
331	89,55
303	96,30

ISOTHERM van $40^0,00$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2521	37,50
2386	39,15
2254	40,85
2119	40,70
1995	44,70
1869	47,05
1738	49,50
1603	52,30
1480	55,30
1358	58,50
1215	62,15
1086	66,15
959	70,40

ISOTHERM van 40⁰,00.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
826	74,95
703	79,20
554	83,80
371	90,70
322	97,30

ISOTHERM van 42⁰,70.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2556	37,45
2440	38,85
2305	40,65
2176	42,40
2041	44,50
1915	46,80
1783	49,20
1651	51,45
1520	55,05
1404	58,20
1256	62,05
1130	66,05
1000	70,50
873	75,25
736	80,35
599	85,60
448	91,30
371	96,55

ISOTHERM van 46⁰,20.

2531	38,40
2385	40,20
2255	42,05
2121	43,90
1996	46,20

ISOTHERM van 46,20.

Vol. × 10⁵.	Druk en atm.
1739	51,15
1605	54,10
1520	56,35
1397	59,80
1256	63,70
1123	68,00
999	72,70
867	77,90
741	83,40
601	89,50
452	97,10

ISOTHERM van 48⁰,80.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2519	39,10
2389	40,65
2256	42,60
2121	44,55
1994	46,90
1870	49,25
1736	52,00
1603	55,05
1480	58,30
1354	62,30
1215	66,15
1087	76,65
959	75,80
826	81,45
648	89,80
523	96,60

ISOTHERM van 52^0,00.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2514	39,65
2395	41,15
2257	43,10
2124	45,15
1996	47,55
1866	50,15
1738	52,85
1604	56.05

ISOTHERM van 52^0,00.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
1477	59,45
1356	63,20
1216	67,45
1088	72,20
959	77,60
776	86,35
680	91,25
586	96,75

Mengsel x = 0,2847.

ISOTHERM van 19⁰,94.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2485	33,35
2328	34,35
2204	36,10
2077	37,70
1949	39,30
1827	41,00
1697	42,70
1566	44,60
1441	46,65
1371	47,65
1254	47,75
1062	48,05
865	48,25
678	48,35
472	48,55
335	48,80
223	49,55
217	58,75
214	68,20
212	77,45
209	87,70

ISOTHERM van 22⁰,52.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2452	34,10
2342	35,40
2210	36,85
1928	38,45
1950	40,10
1825	41,75
1694	43,60
1476	45,70
1436	47,75
1320	49,90
1257	50,65
1085	50,80
895	51,05
725	51,20
527	51,50
365	51,70
229	52,05
222	58,05
219	68,70
216	78,95
213	87,30

ISOTHERM van $25^0,69$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2484	34,45
2337	36,05
2213	37,45
2079	39,00
1953	40,75
1830	42,50
1697	44,50
1564	46,70
1436	48,95
1319	51,30
1178	53,75
1135	54,35
985	54,75
833	54,95
649	55,15
485	55,35
356	55,45
246	55,85
236	56,10
225	68,40
221	78,05
218	87,95

ISOTHERM van $28^0,47$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2468	35,20
2331	36,75
2208	38,25
2078	39,75
1950	41,55
1827	43,40
1692	45,45
1561	47,75
1437	50,10
1312	52,65

ISOTHERM van $28^0,47$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
1173	55,30
1051	57,65
1043	57,80
871	58,20
693	58,50
498	58,80
290	59,15
241	59,80
232	68,25
228	78,75
223	88,30

ISOTHERM van $29^0,96$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2493	35,25
2326	37,10
2206	38,50
2072	40,10
1950	41,95
1826	43,85
1694	45,95
1603	47,55
1470	50,00
1355	52,45
1216	55,20
1087	57,80
977	59,85
819	60,20
634	60,50
420	60,85
244	61,70
238	67,70
231	78,25
226	87,95

ISOTHERM van 33°,34.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2489	35,80
2344	37,55
2216	39,05
2080	40,75
1960	42,50
1830	44,60
1695	46,90
1565	49,25
1436	41,90
1318	54,75
1176	57,55
1051	60,40
931	63,15
861	64,40
674	64,85
491	65,30
268	65,75
256	66,40
239	77,95
234	87,95

ISOTHERM van 35°,82.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2463	36,70
2337	38,20
2206	39,80
2075	41,50
1950	43,40
1825	45,50
1731	47,80
1556	50,40
1435	53,00
1305	56,00

ISOTHERM van 35°,82.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
1173	58,95
1046	62,00
962	64,15
830	67,25
779	68,05
603	68,55
384	69,05
265	69,90
252	77,20
241	86,90

ISOTHERM van 38°,21.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2506	36,65
2387	38,05
2255	39,65
2120	41,40
1995	43,15
1871	45,30
1742	47,55
1602	50,15
1484	52,65
1362	55,70
1219	58,90
1089	62,35
970	65,40
837	68,75
712	71,40
697	71,65
533	72,15
370	72,45
305	72,65
281	73,45
257	80,80
247	88,40

ISOTHERM van $40^{0},10$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2517	36,75
2394	38,25
2265	39,80
2131	41,60
2000	43,50
1869	45,75
1742	48,05
1609	50,60
1480	53,40
1360	56,40
1222	59,60
1091	63,00
964	66,65
837	70,10
705	73,30
631	74,50
493	75,05
338	75,50
321	76,10
265	83,35
254	90,55

ISOTHERM van $42^{0},19$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
570	77,00
527	78,05
468	78,30
429	78,45
398	78.50
370	78,55
357	78,65
305	80,30

ISOTHERM van $42^{0},39$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
528	78,30
420	78,75
370	78,95
292	80,95

ISOTHERM van $42^{0},29$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
507	78,30
441	78,50
420	78,65
377	78,80

ISOTHERM van $42^{0},24$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
444	78,50
433	78,50
409	78.60
399	78,60
387	78,75
345	78,95

Plooipunt
$42^{0},24$.

409	78,60

ISOTHERM van $42^{0},49$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
617	77,15
524	78,40
448	78,75
406	78,95
345	79,30
329	81,50

ISOTHERM van 42°,99.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2508	37,40
2391	38,75
2261	40,40
2131	42,25
2009	44,00
1878	46,45
1778	48,35
1672	50,25
1584	52,00
1454	55,05
1319	58,55
1178	62,10
1053	65,65
926	69,50
798	73,30
666	76,75
562	78,55
352	80,15
280	86,75

ISOTHERM van 44°,78.

Vol. × 10^5.	Druk en atm.
2492	38,05
2382	39,30
2254	40,95
2122	42,80
1995	44,80
1865	47,15
1741	49,40
1606	52,15
1480	55,15

ISOTHERM van 44°.78.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
1358	58,25
1222	61,70
1084	65,60
959	69,50
830	73,70
702	77,50
576	80,50
435	82,40
338	84,05
287	89,75

ISOTHERM van 47°,77.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2510	38,30
2388	39,75
2260	41,40
2126	43,40
1994	45,50
1916	47,85
1743	50,20
1608	53,10
1482	56,05
1363	59,25
1223	63,00
1090	67,05
964	71,25
832	75,85
711	79,90
562	84,30
418	87,70

ISOTHERM van 49⁰,76.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2515	38,60
2388	40,15
2255	42,00
2123	43,90
1994	46,00
1868	48,35
1742	50,95
1609	53,70
1479	56,85
1362	60,15
1223	63,80
1095	67,85
968	72,40
830	77,30
712	81,50
568	86,35
431	90,15

ISOTHERM van 51⁰,75.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2542	39,40
2343	41,20
2212	43,00
2079	44,80
1959	47,15
1830	49,65
1697	52,40
1565	55,35
1434	58,75
1321	62,05
1179	66,10
1048	70,50
922	75,20
789	80,25
650	85,60
476	91,70

Mengsel x = 0,4489.

ISOTHERM van 20⁰,44.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2566	33,10
2433	34,40
2296	35,90
2169	37,40
2035	38,95
1906	40,75
1774	42,55
1638	44,55
1510	46.75
1383	48,95
1255	50,95
1122	51,15
984	51,30
843	51,50
661	51,65
435	51,95
338	52,15
259	52,25
238	52,65
234	54,80
229	61,35
225	68,15
224	76,05
221	84,85

ISOTHERM van 22⁰,92.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2590	33,30
2433	34,95
2295	36,45
2163	38,05
2029	39,65
1905	41,35
1774	43,25
1641	45,30
1515	47,50
1390	49,80
1251	52,15
1144	54,05
1025	54.25
899	54,35
749	54,60
573	54,80
449	55,00
355	55,15
279	55,40
256	55,40
244	55,40
243	55,65
234	62,95
231	71,05

ISOTHERM van $25^0,30$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2560	34,15
2429	35,50
2294	37,10
2160	38,65
2029	40,30
1903	42,15
1774	44,05
1638	46,20
1507	38,40
1383	50,95
1241	53,55
1114	55,95
1059	57,10
936	57,35
799	57,45
635	57,75
524	57,90
314	58,30
249	58,65
239	67,60
233	78,05
226	87,10

ISOTHERM van $27^0,78$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2430	35,90
2295	37,50
2159	39,05
2033	40,80
1905	42,70
1774	44,75
1638	46,95
1507	49,45
1383	52,05

ISOTHERM van $27^0,78$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
1245	54,70
1109	57,45
994	59,85
962	60,45
842	60,70
707	60,85
558	60,95
423	61,20
305	61,45
288	61,65
257	62,05
244	70,75
240	78,20
234	87,05

ISOTHERM van $31^0,15$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2538	35,20
2392	36,60
2295	38,30
2162	39,95
2034	41,65
1906	43,65
1778	45,70
1637	48,20
1525	50,30
1384	48,55
1236	56,40
986	62,20
856	64,95
838	65,20
707	65,55
549	65,80

ISOTHERM van 31⁰,15.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
360	66,20
270	66,80
252	76,95
243	87,05

ISOTHERM van 33⁰,24.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2554	35,60
2433	37,00
2299	38,50
2217	40,30
2041	41,95
1905	44,10
1787	46,10
1655	48,40
1508	51,30
1382	54,25
1250	57,05
1110	60,35
985	63,45
855	66,50
767	68,10
640	68,65
444	68,90
304	69,30
279	69,65
261	77,25
250	87,50

ISOTHERM van 35⁰,32.

Vol. × 10⁵.	Druk en atm.
2534	36,40
2428	37,55
2294	39,20

ISOTHERM van 35⁰,32.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2159	40,85
2029	42,70
1903	44,80
1769	47,10
1634	49,50
1504	52,20
1382	55,10
1223	58,20
1108	61,45
986	64,70
852	68,10
725	70,75
671	71,45
536	71,85
332	72,35
295	72,90
270	78,50

ISOTHERM van 37⁰,51.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2549	36,50
2423	37,90
2293	39,45
2161	41,30
2029	43,20
1903	45,30
1774	47,55
1627	50,05
1508	52,85
1382	55,90
1240	59,10
1106	62,55
977	66,25
851	69,65

ISOTHERM van 37^0,51.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
720	72,90
591	74,85
457	75,30
375	75,75
314	76,25
279	82,80
267	88,85

ISOTHERM van 37^0,71.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
574	75,35
502	75,65
411	75,85
321	76,50

ISOTHERM van 38^0,01.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
545	75,95
440	76,30
373	76,50
326	76,85

ISOTHERM van 38^0,21.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
529	76,35
423	76,50
374	76,75
340	76,90

ISOTHERM van 38^0,41.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
502	76,75
459	76,80
405	77,00
385	77,05
351	77,25

ISOTHERM van 38^0,61.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
479	77,00
439	77,15
410	77,30

Plooipunt
38^0,61.

410	77,30

ISOTHERM van 40^0,20.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2515	37,50
2423	38,50
2290	40,15
2159	42,00
2023	43,90
1903	46,05
1773	48,40
1636	51,00
1505	53,95
1383	57,00
1238	60,40
1100	64,05
986	67,80
851	71,75
719	75,35

ISOTHERM van 40^0,20.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
591	78,05
448	80,15
339	81.10
297	87,00
278	91,70

ISOTHERM van 43^0,48.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2561	37,55
2437	38,90
2312	40,45
2160	42,55
2038	44,40
1902	46,85
1774	49,20
1637	51,95
1507	55,00
1378	58,25
1242	61,75
1108	65,60
977	69,90
854	74,10
714	78,45
583	81,95
471	85,10
322	89,90

ISOTHERM van 45^0,88.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2561	37,95
2430	39,45
2294	41,30
2161	43,15

ISOTHERM van 45^0,88.

Vol. × 10^5.	Druk en atm.
2033	45,10
1903	47,55
1771	50,00
1638	52,70
1508	55,80
1384	59.15
1239	62,85
1108	66,90
982	71,20
850	75,80
718	80,30
573	85,15
440	88,50

ISOTHERM van 48^0,77.

Vol. × 10^5.	Druk en atm.
2535	38,65
2427	40,00
2289	41,80
2161	43,70
2030	45,80
1903	48,20
1774	50,70
1644	53,50
1474	56,70
1394	59,90
1255	63,70
1123	67,80
992	72,55
856	77,55
721	82,75
588	87,90

ISOTHERM van 51⁰,76.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2552	39,05
2439	40,60
2294	42,40
2161	44,40
2030	46,50
1904	49,05
1774	51,60
1638	54,60

ISOTHERM van 51⁰,76.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
1506	57,75
1384	61,35
1248	65,20
1112	69,75
990	74.40
859	79,55
724	85,40
570	91,70

Mengsel x = 0,5688.

ISOTHERM van 20⁰,35.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2651	32,25
2544	33,25
2457	34,10
2368	35,00
2189	37,10
2113	3815
1999	39,20
1932	40,40
1844	41,65
1752	42,90
1662	44,30
1576	45,70
1493	47,15
1409	48,70
1317	50,25
1223	51,85
1141	53,00
1086	53,05
997	53,15
914	53,25
820	53,25
726	53,35
623	53,40
524	53,45
431	53,55

ISOTHERM van 20⁰,35.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
323	53,65
249	53,70
238	53,75
235	58,15
230	68,40
226	78,25
223	88,40

ISOTHERM van 25⁰,30.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2640	33,25
2503	34,60
2374	36,05
2244	37,60
2099	39,30
1974	41,05
1845	42,90
1710	45,00
1575	47,05
1455	49,70
1321	52,35
1179	55,15
1010	58,60

ISOTHERM van 25⁰,30.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
955	59,40
874	59,50
756	59,55
577	59,80
426	59,85
275	60,00
259	60,10
253	60,25
246	66,00
241	73,10
235	80,70
232	88,05

ISOTHERM van 28⁰,50.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2669	33,45
2506	35,20
2365	36,85
2232	38,40
2098	40,05
1980	41,75
1844	43,85
1709	46,05
1577	48,45
1456	50,90
1372	52,80
1268	54,80
1176	56,75
1096	58,60
1011	60,55
923	62,35
845	63,85

ISOTHERM van 28⁰,50.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
777	63,95
669	64,15
521	64,30
361	64,35
296	64,45
284	64,50
266	64,55
258	68,50
249	76,55
242	86,60

ISOTHERM van 30⁰,70.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2668	33,85
2533	35,30
2437	36,35
2325	37,70
2197	39,25
2058	41,10
1940	42,95
1809	45,00
1666	47,50
1536	50,00
1413	52,70
1270	55,70
1183	57,70
1099	59,65
1011	61,80
923	63,90
831	65,85
765	67,00
695	67,15

ISOTHERM van 30⁰,70.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
609	67,30
477	67,40
352	67,60
278	67,75
273	68,70
262	73,70
253	81,25
250	83,50
246	88,55

ISOTHERM van 32⁰,30.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2671	34,10
2540	35,50
2414	36,95
2279	38,55
2144	40,20
2016	42,15
1889	44,20
1756	46,40
1659	48,10
1579	49,70
1496	51,35
1414	53,30
1309	55,40
1226	57,40
1139	59,50
1057	61,60
964	63,95
877	66,20
789	67,95
690	69,55
626	69,70

ISOTHERM van 32⁰,30.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
498	69,80
396	69,95
350	70,00
306	70,20
289	70,30
268	76,50
259	82,15
253	87,35

ISOTHERM van 33⁰,50.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2634	34,70
2498	36,25
2324	37,80
2242	39,35
2100	41,15
1974	43,15
1845	45,25
1710	47,60
1578	50,10
1447	53,05
1368	54,90
1272	56,90
1186	58,95
1099	61,15
1014	63,50
918	65,90
836	67,95
737	70,00
650	71,50
548	71,65
400	71,85
318	71,95

ISOTHERM van 33°,50.

Vol. × 10^5.	Druk in atm
301	72,10
273	77,60
263	82,90
258	87,05

ISOTHERM van 35°,60.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2651	34,90
2503	36,50
2389	37,95
2236	39,85
2111	41,45
1983	43,50
1847	45,75
1711	48,20
1579	50,75
1456	53,55
1324	56,65
1183	60,00
1057	63,45
927	67,05
853	69,25
749	71,65
648	73,45
564	74,65
539	74,85
526	74,95
503	74,95
477	74,95
443	75,10
421	75,15
397	75,15
367	75,30
348	75,30

ISOTHERM van 35°,60.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
334	75,35
298	77,95
278	83,05
269	86,80

ISOTHERM van 36°,01.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
471	75,65
459	75,70
441	75,75
426	75,80
409	75,80
385	75,85
366	75,95
333	76,30
318	76,85
301	78,35
286	81,40
273	86,40

Plooipunt
36°,01.

409	75,80

ISOTHERM van 36°,08.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2660	34,90
2507	36,60
2368	38,20
2243	39,85
2098	41,75
1976	43,70
1845	45,90

ISOTHERM van 36⁰,08.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
1710	48,25
1584	50,85
1456	53,80
1321	56,90
1193	59,95
1091	62,65
1006	65,15
918	67,60
833	69,90
744	72,00
657	74,00
560	75,35
477	75,75
457	75,80
385	75,90
336	76,25
309	77,45
288	80,90
280	83,80
271	86,95

ISOTHERM van 38⁰,50.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2660	35,35
2534	36,80
2413	38,25
2279	39,90
2143	41,65
2016	43,65
1889	45,80
1756	48,20
1622	50,80

ISOTHERM van 38⁰,50.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
1496	55,65
1373	56,75
1228	60,15
1098	67,80
971	67,65
833	71,75
742	74,45
654	76,60
552	83,45
437	79,65
352	80,85
293	86,80
280	91,05

ISOTHERM van 42⁰,20.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2651	36,10
2507	37,80
2376	39,35
2235	41,20
2100	43,10
1979	45,15
1852	47,50
1674	50,00
1584	52,80
1456	56,00
1322	59,35
1185	63,05
1099	65,65
1008	68,60
927	71,35
831	74,60
744	77,40

ISOTHERM van 42⁰,20.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
641	80,55
550	82,95
457	85,10
356	88,25
300	95,05

ISOTHERM van 45⁰,00.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2602	37,15
2477	38,60
2328	40,60
2194	42,35
2065	44,30
1936	46,60
1810	48,95
1666	51,85
1536	54,90
1414	58,05
1277	61,60
1144	65,65
1012	70,10
802	74,55
746	79,75
637	83,55
501	87,95
371	92,75
323	96,60

ISOTHERM van 49⁰,15.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2590	38,00
2479	39,30
2328	41,35

ISOTHERM van 49⁰,15.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2194	43,20
2062	45,30
1933	47,65
1808	50,10
1670	53,00
1534	56,30
1414	59,65
1273	63,45
1147	67,55
1010	72,50
883	77,50
744	83,20
614	88,70
499	94,00
441	96,40

ISOTHERM van 52⁰,20.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2556	39,05
2353	40,85
2277	42,75
2148	44,55
20,16	46,95
1889	49,40
1756	52,10
1622	55,15
1496	58,35
1372	62,05
1229	65,80
1093	70,95
969	76,00
850	80,95
690	88,40
553	94,35

Mengsel x = 0,5975.

ISOTHERM van 21⁰,06.		ISOTHERM van 23⁰,47.	
Vol. × 10^5.	Druk in atm.	Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2500	33,45	2481	34,20
2338	35,20	2322	35,90
2207	36,70	2190	37,45
2073	38,35	2071	38,90
1949	39,95	1947	40,60
1825	41,75	1823	42,45
1694	43,65	1693	44,45
1562	45,90	1562	46,70
1436	48,15	1438	49,05
1315	50,45	1331	51,20
1178	52,85	1220	53,25
1091	54,45	1090	55,85
902	54,70	998	57,55
858	54,75	915	57,70
728	54,85	762	57,80
630	54,95	654	57,90
472	55,00	546	58,05
369	55,10	432	58,05
255	55,30	273	58,25
243	55,45	254	58,35
242	55,50	247	58,40
233	62,00	246	58,45
228	72,00	238	66,10
224	80,75	231	76,30
220	90,40	227	85,85
218	96,20	222	96,15

ISOTHERM van 26⁰,39.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2459	34,90
2319	36,60
2196	38,10
2065	39,70
1941	41,30
1824	43,35
1734	45,45
1559	47,85
1437	50,15
1381	52,90
1176	55,60
1049	58,40
924	60,95
881	61,65
773	61,80
622	61,95
472	61,95
378	61,95
298	62,15
274	62,20
262	62,40
258	62,55
245	71,10
237	80,90
231	91,00

ISOTHERM van 28⁰,17.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2452	35,35
2323	36,85
2203	38,30
2065	40,00
1950	41,70
1814	43,90

ISOTHRM van 28⁰,17.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
1688	45,95
1562	48,25
1435	50,90
1307	53,65
1169	56,55
1042	59,45
920	62,20
830	64,00
813	64,25
726	64,35
601	64.45
478	64,65
367	64,65
282	64,80
271	64,90
265	65,05
252	71,65
245	77,75
238	84,85
234	94,65

ISOTHERM van 32⁰,24.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2510	35,55
2439	36,95
2248	38,55
2205	40,25
1990	42,05
1867	44,05
1738	46,30
1606	48,70
1475	51.40
1357	54,30
1213	57,40

ISOTHERM van 32^0,24.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
1090	60,45
962	63,80
831	67,00
708	69,60
659	70,20
618	70,40
489	70,50
334	70,65
290	70,95
288	71,20
264	78,15
252	86,20
247	91,65
245	95,45

ISOTHERM van 33^0,39.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2508	35,70
2378	37,25
2247	38,65
2118	40,55
1987	42,45
1858	44,55
1729	46,90
1597	49,20
1471	51,90
1350	54,95
1312	57,85
1174	61,15
964	64,55
835	67,95
700	70,90
615	72,15
562	72,25

ISOTHERM van 33^0,39.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
488	72,30
476	72,40
409	72,50
378	72,60
359	72,60
351	72,60
323	72,65
310	72,75
306	72,85
282	75,70
264	81,90
256	87,00
253	90,60
247	96,30

ISOTHERM van 34^0,33.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2467	36,45
2330	38,05
2201	39,65
2073	41,30
1950	43,20
1831	45,25
1694	47,70
1565	50,20
1432	53,20
1312	56,10
1177	59,25
1043	62,80
922	66,35
793	69,65
658	72,50
562	73,65

ISOTHERM van $34^0,33$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
490	73,85
438	73,90
344	74,15
317	74,40
274	80,70
263	86,40
255	91,50
252	96,05

ISOTHERM van $34^0,83$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
609	73,85
527	74,60
493	74,65
438	74,70
381	74,85
338	74,95
330	75,05
277	81,15
264	86,80
258	91,20
253	96,40

ISOTHERM van $35^0,14$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
697	72,70
523	75,10
483	75,30
463	75,30
431	75,30
404	75,30
365	75.40

ISOTHERM van $35^0,14$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
358	75,45
281	81,45
268	86,65
261	90,85
253	96,60

ISOTHERM van $35^0,32$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
683	73,15
562	74,95
486	75,45
442	75,50
413	75,55.
394	75,65
372	75,65
326	76,10
317	76,50
283	80,90
272	85,35

Plooipunt
$35^0,32$.

413	75,55

ISOTHERM van $38^0,70$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2259	39,90
2119	41,80
1988	43,70
1864	46,00
1738	48,25
1601	50.95
1474	53,85

ISOTHERM van 38°,70.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
1351	57,00
1216	60,35
1088	63,70
965	67,80
832	71,95
701	75,85
553	79,20
387	81,45
306	85,80
282	91,40
271	96,80

ISOTHERM van 40°,70.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2404	38,30
2246	40,30
2119	42,05
1990	44,10
1868	46,25
1738	58,70
1605	51,40
1477	54,40
1356	57,60
1228	61,15
1090	64,90
961	69,00
826	73,60
702	77,50
566	81,25
410	84,60
307	90,65
284	96,30

ISOTHERM van 44°,77.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2478	38,40
2338	40,15
2211	41,80
2093	43,65
2005	45,05
1896	47,10
1779	49,20
1658	51,75
1560	54,10
1447	57,00
1358	59,65
1177	64,55
1050	68,75
924	73,50
798	78,20
667	83,30
523	88,70
369	95,20

ISOTHERM van 48°,57.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2468	38,95
2338	40,65
2207	42,45
2073	44,45
1996	46,70
1824	49,20
1694	51,90
1557	55,00
1436	58,20
1314	61,85
1176	65,90
1043	70,50

ISOTHERM van $48^0,57$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
914	75,50
796	80,35
666	86,15
548	91,05
439	95,95

ISOTHERM van $51^0,76$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2466	39,60
2338	41,35
2206	43,20
2073	45,25
1949	47,55

ISOTHERM van $51^0,76$.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
1825	50,05
1693	52,90
1562	55,95
1439	59,25
1309	63,20
1173	67,40
1046	72,10
924	77,10
792	82,95
673	88,60
518	96,45

Mengsel x = 0,7631.

ISOTHERM van 20⁰,37.		ISOTHERM van 23⁰,21.	
Vol. × 10⁵.	Druk in atm.	Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2530	32,80	2552	33,50
2329	35,20	2414	34,90
2198	36,75	2291	36,30
2061	38,35	2152	38,05
1930	40,05	2022	39,65
1809	42,00	1897	41,50
1684	43,80	1767	43,40
1545	46,15	1633	45,55
1425	48,35	1512	47,80
1295	50,85	1377	50,50
1156	53,45	1239	53,20
1044	55,55	1066	56,80
924	55,70	930	59,45
804	55,75	783	59,55
596	55,90	612	59,60
409	56,10	438	59,75
310	56,40	349	59,90
250	56,70	261	60,25
238	65,75	258	60,45
233	74,90	244	68,15
230	81,65	238	78,35
226	88,20	233	88,05

ISOTHERM van 25°,99

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2575	33,60
2421	35,30
2281	37,00
2153	38,55
2022	40,20
1895	42,20
1764	44,25
1628	46,55
1500	48.95
1379	51,60
1240	54.35
1107	57,35
975	60.35
845	63,00
824	63,30
695	63,40
543	63,55
338	63,85
276	64,00
268	64,35
254	71,15
247	79,45
240	88,75

ISOTHERM van 30°,85.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2542	34,75
2410	36,50
2278	37,85
2144	39,70
2015	41,40
1893	43,40
1763	45,50
1623	48,15

ISOTHERM van 30°,85.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
1494	50,70
1356	54,00
1325	56,75
1097	60,05
973	63,30
844	66,70
712	69,50
631	70,70
521	70.90
385	71,10
304	71,35
272	78,40
259	86,10

ISOTHERM van 31°,95.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2552	35,00
2423	36,45
2305	37,85
2164	39,65
2031	41,50
1902	43,55
1765	45,95
1640	48,20
1510	50,85
1377	54,00
1252	56,75
1117	60,10
988	63,60
844	67,50
738	69,95
622	71,95
578	72,45
515	72,65

ISOTHERM van 31⁰,95.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
416	72,65
393	72,70
322	73,10
318	73,40
276	80,20
265	86,85
259	89,60
254	95,40

ISOTHERM van 32⁰,84.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2537	35,35
2421	36,60
2285	38,25
2146	39,95
2029	41,75
1899	44,80
1771	46,10
1629	48,65
1502	50,25
1371	52,35
1238	57,50
1109	60,85
976	64,50
846	68,10
722	71,20
588	73,55
532	74,05
484	74,30
406	74,30
363	74,30
340	74,55
285	79,70
268	86,85

ISOTHERM van 32⁰,94.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
525	74,15
479	74,30
413	74,35
382	74,50

ISOTHERM van 32⁰,99.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
585	73,75
463	74,40
434	74,55
362	74,55
349	74,80

Plooipunt
32⁰,99.

434	74,55

ISOTHERM van 33⁰,04.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
842	68,35
701	71,75
581	74,05
489	74,45
439	74,50
387	74,75
322	75,55
284	81,10

ISOTHERM van $33^0,14$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
752	71,10
619	73,30
515	74,35
430	74,55
380	74,70
320	75,70
272	83,60
265	90,20

ISOTHERM van $35^0,52$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2499	36,55
2359	38,00
2241	39,45
2114	41,10
1980	43,20
1854	45,35
1721	47,70
1587	50,40
1461	53,30
1336	56,50
1193	59,85
1065	63,45
936	67,35
781	71,35
665	75,05
522	77,60
427	78,55
300	84,15
277	91,00

ISOTHERM van $38^0,51$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2567	35,95
2422	37,60
2288	39,25
2159	41,05
2022	43,10
1897	45,30
1766	47,60
1630	50,25
1501	53,15
1381	56,40
1238	59,90
1107	63,60
978	67,80
853	71,95
726	76,10
573	80,25
427	83,35
343	87,05
303	91,25

ISOTHERM van $42^0,29$.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2553	36,85
2421	38,40
2287	40,10
2154	42,00
2022	43,90
1897	46,25
1765	48,75
1632	51,45
1502	54,55
1381	57,75
1240	60,95
1110	65,50

ISOTHERM van 42⁰,29.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
982	69,90
853	74,65
714	79.65
582	84,40
398	90,70

ISOTHERM van 44⁰,78.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2570	37,10
2470	38,25
2339	39,95
2200	41,80
2066	43,80
1939	46,10
1810	48,55
1676	51,15
1545	54,30
1423	57,40
1290	61,20
1149	65,45
1023	69,75
888	74,90
755	80,25
621	85,60
497	90,40

ISOTHERM van 47⁰,27.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2552	37,80
2423	39,30
2287	41,10
2158	43,05
2025	45,10

ISOTHERM van 47⁰,27.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
1897	47,60
1767	50,10
1631	53,05
1502	56,25
1382	59,60
1240	63,55
1108	67,95
982	72,70
852	77,60
713	83,90
577	90,05

ISOTHERM van 49⁰,76.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2543	38,20
2419	39,70
2294	41,35
2163	43,75
2028	45,50
1897	48,05
1771	50,60
1634	53,55
1503	56,85
1381	60,40
1240	64,50
1110	68,95
982	74,10
851	79,70
719	85,80
606	91,25

ISOTHERM van 51⁰,86.		ISOTHERM van 51⁰,86.	
Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.	Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2542	38,60	1500	57,75
2471	40,20	1380	61,35
2284	42,05	1239	65,55
2242	43,95	1079	70,25
2021	46,20	978	75,50
1897	48,60	853	81,00
1764	51,35	716	87,75
1629	54,40	643	91,50

Mengsel x = 0,8574.

ISOTHERM van 20⁰,04.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2519	33,50
2333	34,90
2252	36,40
2125	38,00
1995	39,60
1873	41,40
1742	43,35
1609	45,40
1482	47,70
1362	50,00
1222	52,60
1095	55,00
933	56,15
912	56,25
744	56,30
586	56,45
438	56,60
297	56,95
256	57,60
249	61,45
244	67,00
238	76,20
233	85,90

ISOTHERM van 22⁰,72.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2514	34,20
2387	35,55
2254	37,10
2124	38,70
1995	40,35
1872	42,25
1744	44,10
1609	46,40
1481	48,75
1358	51,30
1222	53,90
1091	56,60
939	59,55
917	59,75
766	59,80
525	60,10
303	60,75
264	61,20
251	70.65
245	80,20
239	88,60

ISOTHERM van 25⁰,00.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2467	35,05
2389	35,95
2257	37,55
2125	39,20
1997	40,80
1874	42,70
1748	44,75
1610	47,10
1484	49,55
1371	51,95
1222	55,05
1100	57,80
968	60,60
842	63,00
713	63,15
544	63,25
385	63,35
318	63,75
288	64,05
276	64,20
261	71,00
252	80,80
246	90,25

ISOTHERM van 27⁰,48.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2504	35,10
2382	36,45
2254	38,05
2124	39,65
1995	41,40
1871	43,40
1743	45,45
1608	47,90

ISOTHERM van 27⁰,48.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
1479	50,45
1390	52,70
1220	56,05
1087	59,15
968	62,05
837	65,05
736	66.75
652	66,80
502	66,90
346	67,35
294	67,70
291	67,90
266	76,25
256	85,70
252	91,10

ISOTHERM van 31⁰,35.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2511	35,70
2390	37,10
2256	38,75
2128	40,40
2000	42,25
1872	44,35
1785	46,65
1608	49,10
1478	51,85
1360	54,75
1221	57,80
1089	61,10
967	64,50
833	68,00
705	70,85

ISOTHERM van 31⁰,35.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
545	72,90
421	73,25
345	73,60
330	73,80
283	80,90
269	89,45

ISOTHERM van 31⁰,65.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
510	73,55
449	73,80
379	73,80
348	74,00

ISOTHERM van 31⁰,75.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
498	73,75
473	73,75
441	73,80
420	73,85
401	73,95
370	74,05

ISOTHERM van 31⁰,80.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
473	73,85
433	74,00
406	74,05
393	74,10
366	74,40

ISOTHERM van 31⁰,80.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
Plooipunt 31⁰,80.	
393	74,10

ISOTHERM van 35⁰,32.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2520	36,40
2391	37,85
2262	39,45
2126	41,35
1999	43,20
1873	45,40
1742	47,80
1608	50,40
1481	53,15
1361	56,25
1220	59,65
1090	63,20
965	67,05
834	71,00
701	74,80
561	77,80
423	79,75
305	86,95
291	91,00

ISOTHERM van 38⁰,01.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2503	37,15
2385	38,50
2251	40,20
2122	42,05
1993	44,05

ISOTHERM van 38^0,01.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
1867	46,25
1740	48,65
1608	51,30
1479	54,30
1359	57,45
1218	60,95
1086	64,85
967	68,70
812	73,15
703	77,20
571	80,85
428	84,10
326	89,90

ISOTHERM van 40^0,80.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2518	37,40
2379	39,05
2248	40,85
2115	42,70
1985	44,75
1863	47,00
1736	49,50
1602	52,30
1472	55,50
1356	58,55
1215	62,15
1091	66,35
961	70,45
824	75,45
705	79,65
568	84,40
426	89,00

ISOTHERM van 42^0,79.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2522	37,80
2397	39,25
2263	41,05
2132	42,95
2005	44,90
1878	47,35
1750	49,75
1617	52,60
1483	55,80
1361	59,20
1233	62,65
1094	67,05
973	71,35
844	76,15
711	81,20
576	86,30
455	90,85

ISOTHERM van 44^0,88.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2508	38,25
2382	39,75
2253	41,55
2119	43,45
1991	45,55
1864	48,05
1741	50,50
1607	53,40
1478	56,55
1423	60,00
1221	63,75
1091	68,05
961	72,95

ISOTHERM van 44^0,88.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
832	78,00
711	83,45
571	88,80

ISOTHERM van 47^0,57.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2471	39,30
2385	40,35
2198	42,20
2116	44,15
1991	46,25
1867	48,75
1739	51,35
1614	54,35
1480	57,55
1360	61,05
1222	65,00
1089	69,50
955	74,85
833	79,80
705	85,60
588	91,15

ISOTHERM van 49^0,76.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2521	38,95
2385	40,65
2248	42,50
2114	44,60
1984	46,90

ISOTHERM van 49^0,76.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
1861	49,30
1735	51,90
1601	55,05
1476	58,25
1216	66,05
1082	70,80
961	75,80
828	81,55
699	87,75

ISOTHERM van 52^0,55.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2511	39,50
2357	41,60
2203	43,85
2072	46,00
1948	48,30
1821	50,80
1690	53,70
1560	56,95
1436	60,40
1314	64,35
1173	68,80
1045	73,85
919	79,25
794	85,40
660	92,40

Mengsel x = 0,9421.

ISOTHERM van 22°,92.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2531	33,90
2402	35,25
2270	36,80
2138	38,35
2010	40,05
1886	42,00
1744	44,00
1606	46,35
1477	48,70
1355	51,20
1206	54,05
1080	56,70
945	59,40
899	60,10
765	60,20
586	60,30
324	60,55
259	60,90
246	67,95
239	77,75
234	87,10

ISOTHERM van 25°,89.

Vol. $\times 10^5$.	Druk in atm.
2556	34,30
2386	36,15
2216	38,20
2082	39,80
1956	41,60
1828	43,65
1687	45,90
1560	48,25
1430	50,85
1297	53,55
1158	56,60
1028	59,55
902	62,25
788	64,40
509	64,65
379	64,80
271	65,25
257	71,35
248	79,10
242	87,10

ISOTHERM van 27°,98.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2580	34,30
2455	35,60
2319	37,20
2180	38,95
2048	40,65
1918	42,65
1786	44,75
1650	47,10
1516	49,70
1394	52,00
1255	55,35
1115	58,50
986	61,70
850	64,90
723	67,20
698	67,55
597	67,70
408	67,75
300	67,90
287	68,35
260	77,50
248	87,55

ISOTHERM van 29°,86.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2604	34,40
2450	36,10
2323	37,55
2187	39,25
2061	40,90
1921	43,05
1794	45,20
1651	47,70
1520	50,25

ISOTHERM van 29°,86.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
1403	52,95
1255	56,20
1125	59,25
991	62,70
867	65,90
739	68,65
631	70,35
549	70,60
379	70,70
312	70,95
274	77,00
256	87,10

ISOTHERM van 30°,48.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
586	71,55
504	71,60
400	71,70
325	71,85

ISOTHERM van 30°,65.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
569	71,90
492	72,00
412	72,05
351	72,10
325	72,20

ISOTHERM van 31°,15.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
519	72,75

ISOTHERM van 31°,15,

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
456	72,80
343	72,95

ISOTHERM van 31°,45.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
466	73,30
420	73,35
387	73,35
371	73,45

ISOTHERM van 31°,50.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
465	73,40
430	73,40
394	73,45
377	73,50

ISOTHERM van 31°,55.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2581	34,95
2447	36,45
2314	38,05
2179	39,70
2040	41,65
1912	43,65
1787	45,80
1648	48,30
1513	51,00
1391	54,85
1249	57,00
1118	60,30

ISOTHERM van 31°,55.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
983	64,00
850	67,55
724	70,50
635	72,00
522	73,35
367	73,70
289	78,10
265	87,05
Plooipunt 31°,55.	
388	73,70

ISOTHERM van 34°,73.

Vol. × 10^5.	Druk in atm.
2601	35,45
2445	37,10
2310	38,75
2170	40,60
2045	42,35
1913	44,55
1780	46,90
1639	49,50
1513	52,15
1383	55,35
1250	58,45
1120	62,25
985	65,95
855	69,75
713	73,75
516	77,55
326	81,25
285	88,55

ISOTHERM van 40⁰,00.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2583	36,45
2523	37,90
2315	39,65
2181	41,45
2048	43,40
1919	45,70
1789	48,05
1652	50,70
1520	53,70
1398	56,95
1253	60,50
1119	64,40
993	68,70
862	73,60
724	77,95
584	82,45
432	87,05

ISOTHERM van 44⁰,98.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2582	37,35
2448	38,95
2315	40,65
2180	42,50
2044	44,60
1920	46,90
1788	49,45
1651	57,20

ISOTHERM van 44⁰,98.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
1520	55,40
1394	58,90
1251	62,65
1123	66,80
992	71,55
863	76,55
721	82,20
575	88,55

ISOTHERM van 51⁰,56.

Vol. × 10⁵.	Druk in atm.
2584	38,40
2452	40,00
2368	41,85
2175	43,90
2055	45,90
1920	48,50
1787	51,15
1652	54,15
1520	57,55
1398	61,05
1253	65,40
1124	69,80
994	75,15
861	80,95
729	82,50

HOOFDSTUK V.

Toestandsvergelijkingen.

Mijn eerste werk is geweest te trachten mijn waarnemingen door een toestandsvergelijking voor te stellen. Ik ben begonnen met uit de kritische temperatuur en druk de *a* en *b* te berekenen.

Voor zoutzuur levert dit

$$a = 0{,}007305 \quad b = 0{,}001822.$$

Hiermede vinden we bij 52°.00

Vol.	druk waargen.	druk berekend
0,02519	38.35	39.45
0,01769	49.65	53.25

Zooals blijkt zijn deze *a* en *b* niet voldoende om de waarnemingen quantitatief voor te stellen.

Theoretisch zijn formules afgeleid met afnemende *b*. Om eens te zien of de *b* bij mijn waarnemingen af- of toenam (zooals Quint gevonden heeft) heb ik met de gevonden waarde van *a* de waarden van *b* berekend voor de isotherm van 52°.00 van *HCl*. Dit levert:

v	*b*
0,02519	0,00131
2296	131
2119	126*
1946	136
1769	140
1593	145
1422	153
1238	164
1064	161*

793	173
704	177
632	180
507	182
422	180
309	169
260	159

Als we de twee met een sterretje aangegeven waarden uitzonderen, waar we waarschijnlijk met waarnemingsfouten te doen hebben, zien we dat de b een regelmatig beloop heeft. We zien een maximum optreden bij ongeveer $v = 0,00507$. Dus een groote afwijking van de theorie die afnemende b voorspelt. Of die afwijking ontstaan is doordat ik een te kleine waarde van a gekozen heb, of dat a werkelijk een volume-functie genomen moet worden is moeilijk uit te maken. Het bleek mij dat de vergelijking van Clausius mijn waarnemingen aan den dampkant vrij goed kan voorstellen. Misschien is dat juist daaraan te danken, dat de a daarin door invoering van de β een volume-functie wordt.

Bij de toepassing van deze vergelijking heb ik de b en β zoo gekozen dat de som gelijk blijft aan de b uit p_k en T_k berekend.

Door nu b en β te varieeren ben ik ten slotte al proberend tot deze waarden gekomen.

$$K = 2\,430,\ \beta = 0,00107,\ b = 0,00075.$$

Voor de isotherm van 52°,00 krijgen we dan een tame lijke overeenstemming.

Vol.	p waargenomen.	p berekend.
0,02598	37.50	37.25
2119	43.50	43.55
1593	53.40	53.25
1148	64.80	64.70
632	80.50	80.25
265	87.20	100.—

Bij kleine 'volumina krijgen we dus ook nu nog groote afwijkingen. Bij andere temperaturen krijgen we ook aan den dampkant vrij goede overeenstemming.

Voor de isotherm van 20°,09 krijgen we bijv.

Vol.	*p* waargen.	*p* berekend.
0,02522	32.20	32.20
2073	36.80	36.65
1643	41 85	42.00

Dit is op den damptak; aan den vloeistofkant is er absoluut gecn overeenstemming.

Voor CO_2 heb ik op dezelfde manier gevonden.

$$K = 2{,}181,\ \beta = 0{,}00080,\ b = 0{,}00111.$$

Dit levert voor de isotherm van 31°,10.

Vol.	*p* waargen.	*p* berekend.
0,02476	36.45	36.10
2343	38.00	37.70
1314	56.00	55.70
460	73.00	73.30
286	82.60	101.3

Voor de isotherm van 20°,00 komt er

Vol.	*p* waargen	*p* berekend.
0,02389	35.10	34.90
1731	43.50	43 55
1020	56.60	56 45

Ook hier krijgen we aan den vloeistofkant geen schijn van overeenstemming. Voor de mengsels heb ik geen vergelijking gezocht. 't Leek mij een te weinig de moeiteloonend werk, terwijl de berekeningen uiterst langdradig worden daar we hier geen *a* en *b* kennen, zoodat er in de keus der constanten veel meer willekeur blijft.

HOOFDSTUK VI.

De Componenten.

Ik wil nu in 't kort even de resulaten van het onderzoek der componenten bespreken.

HCl Als kritische grootheden is gevonden door directe waarneming

$v_k = 0{,}00399$
$p_k = 81.50$
$T_k = 51°.00$

Quint vindt $v_k = 0{,}00380.$
$p_k = 84.13.$
$T_k = 51°{,}3.$

Zooals we zien stemmen de temperaturen goed overeen. De druk vind ik vrijwat lager. Het bleek mij dat de grenskromme zooals ik die vind, geheel omsloten wordt door die van Quint. Het is moeilijk te beslissen welk resultaat dichter bij de waarheid komt. Misschien zou 't verschil gedeeltelijk kunnen verklaart worden door de verschillende wijze van drukbepaling. Maar daartegen pleit dat de kritische druk van CO_2 door mij waargenomen niet noemenswaard verschilt van den door Brinkman en Keesom bepaalde Het verschil moet dus wel geweten worden aan bijmengsels, die misschien door de verschillende wijze van zuivering bij Quint en mij van verschillenden aard zijn.

Het kritisch volume door directe waarneming bepaald, is natuurlijk volstrekt niet betrouwbaar. De regel van den rechtlijnigen diameter levert 0,00387.

Om het kritisch volume te bepalen uit $\frac{dp}{dt_{coex}} = \frac{dp}{dt_v}$ heb ik eerst de f berekend uit de formule

$$\log. \frac{p}{p_k} = f\left(\frac{T - T_k}{T}\right).$$

Voor p heb ik genomen de gemiddelde waarde van begin- en einddruk bij condensatie.

We vinden dan voor HCl gemiddeld $f = 2.740$.

Hiermee krijgen we in $\log. \frac{p}{p_k} = f\left(\frac{T - T_k}{T}\right)$

t	p waargenomen	p berekend
20°.09	42.05	41.65
30°.10	52 60	52 45
36° 48	60.40	60 25
38°.76	63.20	63.20
40° 20	65.20	65 30
45°.30	72.35	72.35
49°.38	78.45	78 50

We vinden nu $\left(\frac{T}{p}\frac{dp}{dT}\right)_k = 6{,}309$

Dus $\left(\frac{dp}{dT}\right)_k = 1.585.$

Daaruit volgt graphisch $v_k = 0{,}00395$.

CO_2. Voor koolzuur heb ik genomen $f = 3{,}011$.

Dat geeft

t	p waargenomen	p berekend
23°.30	59.50	59 40
25°.10	63.50	63.50
27°.00	66 40	66.40
29°.57	70.35	70.50
29°.98	71.00	71.10

Met die f krijgen we

$$\left(\frac{T}{p}\frac{dp}{dT}\right)_k = 6{,}933.$$

Dus

$$\left(\frac{dp}{dT}\right)_k = 1,664.$$

Dit geeft graphisch $v_k = 0,00438$ terwijl de rechtlijnige diameter geeft 0,00431.

Door directe waarneming was gevonden

$$v_k = 0,00438$$
$$p_k = 73.00$$
$$T_k = 31\ 10.$$

HOOFDSTUK VII.

Kritische punten en coëxisteerende phasen.

Ik wil nu in 't kort de kritische punten en coëxisteerende phasen bespreken.

Over 't geheel traden geen groote drukverhoogingen op bij condensatie, zoodat dus alle mengsels in hun gedrag veel leken op enkelvoudige stoffen. Het was mij dan ook nergens mogelijk plooi- en raakpunt te scheiden en de mengsels vertoonden bij hun kritisch punt ook dezelfde verschijnselen van nevelvorming en opalisatie als een enkelvoudige stof. Een gevolg hiervan was dat de plooipuntsvolumina heel moeielijk te bepalen waren. De graphische voorstelling van de direct waargenomen plooipuntsvolumina vertoont dan ook een vrij onregelmatig beloop (zie fig. IV).

De plooipuntslijn (pT-voorstelling) zooals die in fig I geteekend is, vertoont aan den kant van het CO_2 een sterke stijging en buigt dan vrij scherp om en stijgt langzaam en regelmatig tot het kritische punt van HCl. We hebben te doen met het stuk van de algemeene plooipuntslijn vlak boven de min. T_k. Zijn we werkelijk in de buurt van een minimum dan moet de plooipuntslijn heel weinig afwijken van de lijn der theoretische kritische punten.

Ik wilde dus die punten voor de mengsels bepalen met behulp van de wet der overeenstemmende toestanden.

Eerst werd voor HCl en CO_2 een log. $\frac{pv}{T}$ — log. v-voorstelling geteekend. Door een enkele verschuiving langs de log v.-as moeten die dan tot dekking gebracht kunnen worden. Het bleek mij toen dat er een aanzienlijk verschil

bestaat tusschen CO_2 en HCl. Zonder verschuiving wordt bij groote vol. een bevredigende overeenstemming verkregen. Het blijkt dan dat

$$v_{kHCl} = v_{kCO_2}.$$

De kritische isothermen dekken elkaar dus $t_{kHCl} = 5130$.

Hieruit vinden we, vergelijkend met $\left(\frac{p_k\ v_k}{T_k}\right)_{CO_2}$ voor p_{kHCl} 77.85 atm.

Maar bij kleine vol. blijft een aanzienlijke afwijking. Door een verschuiving in de richting van de log. v as over $+ 0.050$ en in de richting van log pv-as van $+ 0.034$ komen de grenslijnen bijna geheel tot dekking.

Hieruit zou volgen

$$\log \frac{v_{kCO_2}}{v_{kHCl}} = 0,050.$$

Dan krijgen we, $v_{kCO_2} = 0,00438$ stellend,

$$v_{kHCl} = 0,00390,$$

wat heel goed met de waarneming overeenstemt. t_k blijft $51°,30$.

De p_k wordt dan 87,35 atm.

De overeenstemming bij grootere volumina is dan verdwenen.

V e r s c h a f f e l t heeft ook reeds geconstateerd uit de gegevens van Q u i n t dat HCl aanmerkelijk afwijkt van de wet van de overeenstemmende toestanden.

Om HCl eens te vergelijken met andere stoffen, volgen de $\frac{v}{v_k}$ en $\frac{p}{p_k}$ voor den damptak van de grenslijn naast die van CO_2.

HCl.

$\frac{T}{T_k}$	$\frac{p}{p_k}$	$\frac{v}{v_k}$ damp
0.9038	0.5157	4.159
0.9347	0.6454	3.067
0.9543	0.7408	2.526
0.9613	0.7754	2.297
0.9658	0.8000	2.204
0.9738	0.8426	2.024
0.9815	0.8878	1.810
0.9941	0.9625	1.447
1.0000	1.0000	1.000

CO_2.

$\frac{T}{T_k}$	$\frac{p}{p_k}$	$\frac{v}{v_k}$ damp
0.9635	0.7726	2 330
0.9711	0.8144	2.108
0.9799	0.8618	1.898
0.9865	0 9082	1.662
0.9950	0.9623	1.419
0.9996	0.9952	1 157
1.0000	1.0000	1.000

Young [1]) geeft een tabel van gereduceerde grenskromme van een aantal stoffen.

---

1) Transact Chem. Soc. 1900. Vol. 77.

Voor normaal pentaan geeft hij

$\frac{T}{T_k}$	$\frac{p}{p_k}$	$\frac{v}{v_k}$
0.8917	0.44232	5.27
0.9278	0.58978	3.68
0.9574	0.73721	2.68
0.9727	0.82568	2.21
0,9826	0.88465	1.90
0.9916	0.94363	1.59
0.9963	0.97313	1.40
1,0000	1.00000	1.00

Als we deze drie gereduceerde grenskrommen in teekening brengen, blijkt, dat HCl en CO_2 vrij sterk afwijken van pentaan, maar onderling weinig verschillen. Hieruit blijkt hoe weinig doeltreffend deze methode van vergelijken is, daar bij vergelijking der log. $\frac{pv}{T}$ zulke groote verschillen optreden. Toen 't mij bleek dat HCl zoo sterk afweek van CO_2 heb ik het zoeken van de theoretische kritische grootheden opgegeven.

De plooipuntslijn zien we zeer steil oploopen aan de kant van het CO_2. Van der Waals[1]) geeft voor $\left(\frac{T}{p}\frac{dp}{dT}\right)_{pl}$ de volgende formule:

$$\left(\frac{T}{p}\frac{dp}{dT}\right)_{pl} = f + \frac{-(f-1)\left(\frac{dT_k}{T_k dx} + \frac{1}{(f-1)}\frac{1}{b}\frac{db}{dx}\right)}{\frac{dT_k}{T_k dx} + \frac{f-1}{2\varkappa}\left(\frac{dT_k}{T_k dx} + \frac{1}{f-1}\frac{1}{8}\frac{db}{dx}\right)_2}$$

[1]) Versl. Kon. Ac. v. Wetensch. Oct. 1905.

Hier is de f de constante uit

$$\log. \frac{p}{p_k} = f \frac{T - T_k}{T}$$

$$\varkappa = \left(\frac{pv}{MRT_r}\right)_{kr}$$

$\frac{db}{dx}$ is van kritisch punt tot kritisch punt evenzoo $\frac{dT_k}{dx}$.

In ons geval is aan den kant van het koolzuur.

$$f = 6{,}93$$
$$\varkappa = 3{,}48.$$

Voor 't mengsel $x = 0{,}8574$, vinden we door de wet van de overeenstemmende toestanden door vergelijking met OO_2 (wat heel goed gaat, nu we nog zoo dicht bij CO_2 zijn)

$$\log v_k = \log v_{kCO_2} - 0{,}008$$

$$\text{en dus } v_k = 0{,}00430.$$

Stellen we de b's evenredig met de v_k's dan vinden we

$$\frac{1}{b}\frac{db}{dx} = \frac{v_k - v_{kCO_2}}{v_{kCO_2}\,dx} = \frac{0{,}00008}{0{,}00438 \times 0{,}1426} = \frac{8}{62{,}5} = 0{,}128.$$

We vinden $t_k = 31.35$

$$\text{dus } \frac{1}{T_k}\frac{dT_k}{dx} = \frac{0{,}25}{304.14 \times 0.1436} = 0{,}0058.$$

De formule geeft dus

$$\left(\frac{T}{p}\frac{dp}{dT}\right)_{pl} = 22.55$$

of

$$\frac{dp}{dT_{pl}} = \frac{73.00}{304.14} \times 22.55 = 5{,}41.$$

Gevonden is:

$$\frac{dp}{dT_{pl}} = \frac{1{,}10}{0{,}70} = 1{,}57.$$

De berekende is dus veel sterker dan de waargenomen stijging.

Maar in zooverre is er overeenstemming, dat beide uitkomsten er op wijzen dat we te doen hebben met een plooipuntslijn die bijna een minimum vertoont.

Wanneer we de pT-figuren voor coexisteerende phasen bezien, blijkt dat uitgaande van CO_2 de druk der coexisteerende phasen bij constante temperatuur voor de dampphase toeneemt en voor de vloeistof phase afneemt met x.

Nu geldt voor de beginrichting der px lijnen

voor de vloeistoftak:

$$\frac{dp_1}{dx} = \frac{MRT}{v_2 - v_1} \left(e^{\frac{v_2 - v_1}{v\,MRT} \frac{dp_c}{dx}} - 1 \right)$$

voor de damptak:

$$\frac{dp_2}{dx} = \frac{MRT}{v_2 - v_1} \left(1 - e^{-\frac{v_2 - v_1}{MRT} \frac{dp_c}{dx}} \right),$$

Hieruit blijkt direct dat $\frac{dp_1}{dx}$ en $\frac{dp_2}{dx}$ steeds hetzelfde teeken zullen hebben. Er is dus geen twijfel of het mengsel $x =$ 0,8574 is verontreinigd geweest.

Dat ik 't toch gebruikt heb om de $\frac{dT_k}{dx}$ en $\frac{db}{dx}$ te vinden is om twee redenen. Zooals uit de Tx-fig. voor de plooipunten blijkt, wijkt de plooipuntstemp. zeer weinig af. Het bijmengsel schijnt dus op de temperaturen heel weinig invloed te hebben (dit constateert Hartman[1]) ook reeds bij de toch wel zeer verontreinigde mengsels van Ansdell).

Vervolgens blijkt de theoretische $v_k = 0{,}00430$ te zijn. Nemen we v_k lineair veranderlijk met x dan vinden we voor dit mengsel $v_k = 0.00432$ Deze beide waarden verschillen heel weinig We hebben dus in onze berekening de b_x bijna lineair laten veranderen met x, wat met de meest gewone onderstelling in overeenstemming is. Uit de

[1]) Dissertatie.

figuren blijkt dat 't beloop van de plooipuntsdrukken en temperaturen met x heel regelmatig is.

Ten slotte vinden we in fig. V een aantal isopiesten geteekend bij 38°.61. We hebben blijkbaar te doen met het linkerdeel van de algemeene figuur [1]. De lijn $\frac{dp}{dx} = o$ is blijkbaar niet in de figuur aanwezig Van de meetkundige plaats der buigpunten is slechts een enkele tak aanwezig

In fig. IV zien we de connodale lijnen voor eenige temperaturen geteekend.

[1]) Versl. Kon. Ac. v. Wetensch, Maart 1907.

Overzicht.

Wanneer we de resultaten van dit onderzoek samenvatten, dan hebben we voor CO_2 vroegere waarnemingen vrijwel bevestigd gevonden. Van HCl is de kritische druk aanzienlijk lager gebleken dan b.v. de door Quint gevonden is.

HCl bleek af te wijken van de wet der overeenstemmende toestanden.

Wat de kritische grootheden der mengsels betreft, zijn we tot een veel betere onderlinge overeenstemming gekomen dan tusschen de vroegere bepalingen bestond. We hebben blijkbaar met een zeer eenvoudig geval te doen. De gevonden plooipuntslijn vertoont bijna een minimum. Daarmee gaat samen een zeer geringe drukverhooging bij menging. De drukverhooging bij 't mengsel $x = 0{,}5688$ bedraagt b.v. bij 20° ongeveer 0,75 atm. Bij HCl en CO_2 vind ik resp. 0,40 en 0,20 atm. Plooi- en raakpunt waren nergens te scheiden.

Van het mengsel $x = 0{,}8574$ blijkt duidelijk dat het meer verontreinigd is dan de andere. Ik heb dus de plooipuntslijn niet door het voor dat mengsel gevonden punt getrokken. Daardoor ontstaat echter eenige twijfel omtrent 't juiste beloop van de lijn vlak aan den kant. Waar vroeger zulke groote afwijkingen gevonden werden, die nu geheel verdwenen zijn, rijst de vraag, of niet bij nog betere zuivering der componenten en bij een nauwkeurige drukbepaling het beloop geheel normaal zou worden.

Een zeer nauwkeurig onderzoek aan den kant van het CO_2 blijft dus gewenscht.

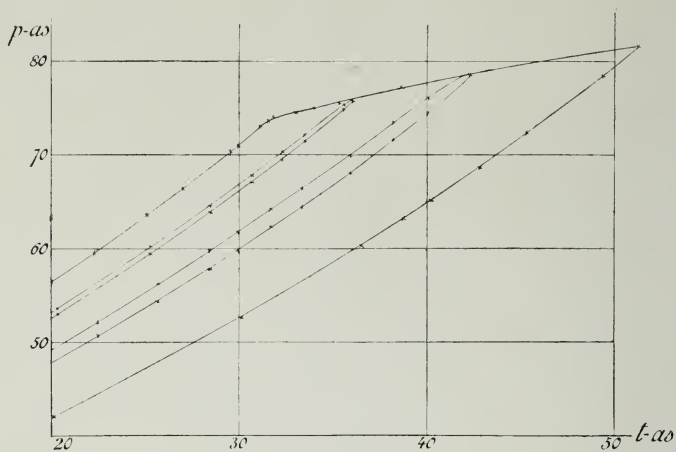


Fig. I.

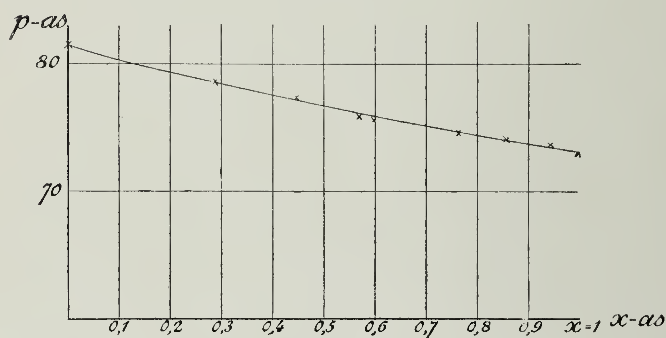


Fig. II.

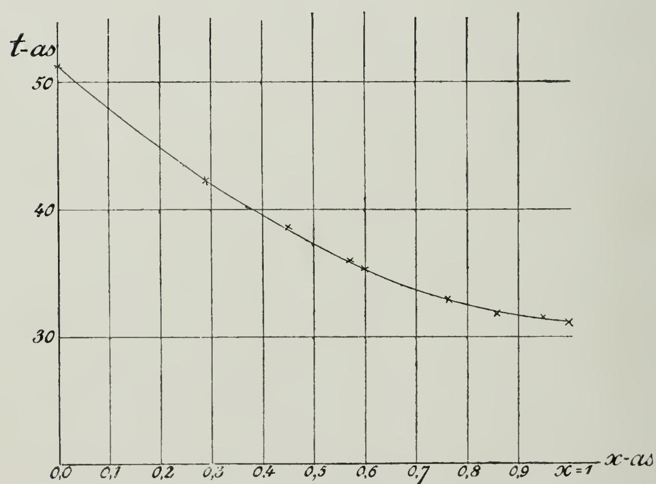


Fig. III.

Connodale lijnen bij 31°,10
32°,99
36°,05
38°,61
42°,24

Fig. IV.

Isopiësten bij 38°.61 van 50,00 77,30
60,00 81,00
70,00 85,00 atm.

Fig. V.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

Naar aanleiding van zijn metingen omtrent de Brownsche beweging komt The Svedberg tot het resultaat (Zeitschr. für Electrochemie N⁰. 51, 1906 blz. 909) dat zijn waarnemingen niet overeenstemmen met de waarden, die hij met de formule van Einstein berekent. Dat is daaraan te wijten dat die formule een andere grootheid leert berekenen dan The Svedberg meet.

II

Verkeerdelijk stelt Einstein (Ann. der Physik 4. 1901, blz. 513—523) de door hem voor de energie per oppervlakte-eenheid van een vloeistof afgeleide waarde gelijk aan een temperatuurs-functie, daar bij die afleiding verondersteld is dat die energie onafhankelijk is van de temperatuur.

III.

Dieterici concludeert (Ann. der Physik 16, blz. 907—930. 1905) uit de waarnemingen van Ramsay en Young dat waterdamp een gas „plus-que-parfait" is bij temperaturen beneden 270°. Dit is te verklaren door associatie.

IV.

De beschouwingen, die J. B. Goebel (Zeitschr. für Phys. Chemie, bd. 50, 1904, blz 238—240) vastknoopt aan de waarden van de door hem ingevoerde „Specifische Anziehung ε" zijn voorbarig zoolang de veranderlijkheid van de a van Van der Waals met v en T niet vastgesteld is.

V.

De waarde van de indeeling in groepen van de stoffen waartoe Mathias besluit naar aanleiding van beschouwingen omtrent den rechtlijnigen diameter is zeer gering, waar in die groepen stoffen met totaal verschillende eigenschappen bij een gebracht worden. (E. Mathias, Journal de Physique 4, 1904 pag. 77—91).

VI.

Ten onrechte voert Jeans (The dynamical. theory of gases, blz. 118) als bezwaar tegen de toestandsvergelijking van Van der Waals aan, dat die negatieve drukken toelaat.

VII.

De bezwaren die v. d. Mensbrugghe maakt tegen de groote waarde van $\frac{a}{v^2}$ in den vloeistoftoestand, op grond van metingen van de cohaesie van vloeistoffen zijn ongegrond.

(V. d. Mensbrugghe, Bullet. de la Classe de Sciences 1907. No. 12.)

VIII.

De bewering van Planck (Wärmestrahlung) dat de overeenstemming tusschen de berekende en de theoretisch afgeleide waarde van den stralingsdruk een bewijs is voor de Maxwellsche licht-theorie is onjuist.

IX.

Het bewijs dat Drude (Lehrbuch der Optik) geeft voor de grootte van den stralingsdruk op een absoluut zwart lichaam, laat aan duidelijkheid te wenschen over.

X.

De afleiding van Maxwell voor de vector potentiaal is niet streng.

(Maxwell, Electricity and Magnetism II, pag. 29).



XI.

De wijze waarop in Salmon—Fiedler (blz. 533 II, Analytische Geometrie der Kegelschnitte) de meetkundige plaats der middelpunten van een kegelsnedenschaar afgeleid wordt, is noodeloos omslachtig.

XII.

Het is wenschelijk dat de projectieve meetkunde op het programma der middelbare school geplaatst worde.

XIII.

De gevallen van gelijke kans worden in de waarschijnlijkheidsrekening bij hypothese vastgesteld.
